



Projet n°. 015403

**FONIO**

**Amélioration de la qualité et de la compétitivité de la filière fonio en  
Afrique de l'Ouest**

Projet de Recherche spécifique ciblé (STREP)  
INCO

WORK PACKAGE 6

Acquisition des connaissances sur les systèmes de culture à base de fonio et voies  
d'amélioration de la productivité

**D 31**

**Choix définitif des sites pour les études préliminaires  
dans chaque pays**

Author: **Francis FOREST (Cirad)**

Workpackage leader : Didier STILMANT (CRA-W)

Project coordinator : Jean-François CRUZ (Cirad)

**CRA-W: Centre Recherches Agronomiques Wallon (Belgique)**

Mars 2007

Projet co-financé par la Commission Européenne au cours du 6ème programme cadre (2002-2006)		
Niveau de diffusion		
PU	Public	
PP	Restreint aux participants d'autres programmes (Services de la Commission inclus)	
RE	Restreint à un groupe spécifié par le consortium (Services de la Commission inclus)	X
CO	Confidentiel, restreint aux membres du consortium (Services de la Commission inclus)	

Author: **Francis FOREST**

Cirad (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement)  
Département: Performances des systèmes de production et de transformation tropicaux  
UPR Couverts permanents  
Avenue Agropolis - TA B-01 / 07  
34398 Montpellier Cedex 5 - France

Ce travail a été réalisé en collaboration avec:

**Mali**

- Dore GUINDO (IER – Bamako)
- Seydou TRAORE (IER – Bamako)
- Moussa Daouda SANOGO (IER – Cinzana)
- Michel VAKSMANN (IER – Bamako)

**Guinée**

- Thierno Alimou DIALLO (IRAG – Bareng)
- Famoï BEAVOGUI (IRAG – Bordo)
- N'famara CISSE (IRAG – Bordo)
- Makan KOUROUMA (IRAG – Bordo)
- Jacques GIGOU (IRAG- Bordo)

**- Burkina Faso**

- Eric VALL (CIRDES – Bobo Dioulasso)
- Augustin KANWE (CIRDES– Bobo Dioulasso)
- Leopold SOME (INERA - Ouagadougou)

**Belgique**

Didier STILMANT (CRA-W - Libramont),  
Brice DUPUIS(CRA-W - Libramont).

**France**

Jean-françois CRUZ (Cirad – Montpellier)

*Nota: Ce travail a été soutenu financièrement par la Commission de la Communauté Européenne. Il ne reflète pas nécessairement les vues et en aucun cas ne préfigure la politique future de la Communauté dans le domaine.*

# Sommaire

	Pages
<b>1 - Considérations sur les régions d'étude Guinée, Mali et Burkina Faso</b>	<b>1</b>
<b>1.1. La Guinée</b>	<b>1</b>
1.1.1. L'agriculture en Guinée	1
1.1.2. Un climat contrasté qui convient bien à la culture du fonio	1
1.1.3. Région de prédilection du fonio : la moyenne Guinée - le Fouta Djallon	2
1.1.4. La Haute Guinée, zone des savanes et des plaines inondables	6
<b>1.2. Le Mali</b>	<b>9</b>
1.2.1. L'écosystème soudano - sahélien au Mali.	9
1.2.2. La région de Ségou – Cinzana et la plaine du Séno au Mali	10
<b>1.3. Le Burkina Faso</b>	<b>11</b>
1.3.1. L'Ouest et le Nord-Ouest du Burkina Faso	11
<b>2 - Les sites de recherche et d'expérimentation du projet FONIO</b>	<b>13</b>
<b>2.1. Le site du Centre de Recherche Agronomique de Bareng, au Fouta Djallon</b>	<b>13</b>
<b>2.2. Le site du Centre de Recherche Agronomique de Bordo, en Haute Guinée</b>	<b>14</b>
<b>2.3. Le site de la station de l'IER de Bamako – Sotuba au Mali</b>	<b>16</b>
<b>2.4. La station de recherche agronomique IER à Cinzana – région de Ségou</b>	<b>17</b>
<b>3 – Conclusion</b>	<b>19</b>
<b>4 - Bibliographie : climat, sol et agriculture régionale</b>	<b>20</b>

# **1 - Considérations générales sur les régions d'étude en Guinée, au Mali et au Burkina Faso.**

## **1.1. La Guinée**

### **1.1.1. L'agriculture en Guinée**

Du temps de la colonisation française (1814-1958), l'administration coloniale gérait l'exploitation des ressources minières et des cultures d'exportation et avait mis en place une économie marchande bouleversant les anciens modes de production et les anciens courants d'échange. La Guinée était considérée comme le futur « grenier à riz » de l'Afrique Occidentale Française. Dès 1920, l'introduction de la charrue permettait une augmentation des surfaces, puis un développement de la production via les nombreux aménagements hydrauliques.

En 1958, la proclamation de l'indépendance s'est traduite par le départ des cadres et des techniciens, par l'arrêt de la recherche agronomique associée à une interruption du financement et de la réalisation de nombreux projets avec, pour conséquences, le ralentissement rapide des échanges commerciaux, la fuite des capitaux, et la chute brutale des exportations. Adoptant officiellement une organisation collective de la production (coopératives de production, centres de modernisation rurale, fermes d'Etat), la production agricole restait malgré tout assurée par des exploitations familiales.

En 1984, la Guinée s'oriente officiellement vers une politique de libéralisation de l'économie, supprimant les organisations collectives mises en place. En 1986, un Plan d'Ajustement Structurel imposé par la Banque Mondiale s'est traduit par une ouverture sur le marché international, une libre circulation des marchandises, la liberté des prix et le désengagement de l'Etat des services à l'agriculture. Depuis ces années l'agriculture guinéenne, malgré les crises qui se succèdent reste profondément ancrée sur une agriculture familiale (Angé, 1999) s'adaptant au mieux aux effets de la globalisation.

### **1.1.2. Un climat contrasté qui convient bien à la culture du fonio**

Lié à son caractère côtier à l'ouest, à la présence au centre nord du massif du Fouta Djallon et à l'importance des zones de savanes et de forêts à l'est, la Guinée rassemble des écosystèmes aux climats les plus diversifiés (tableau 1). L'activité de production du fonio semble indépendante des conditions pédoclimatiques puisqu'elle est concentrée aussi bien en zone d'altitude du Fouta Djallon (intégrée au système agro-pastoral, actuellement en voie de disparition au profit de la culture de la pomme de terre plus lucrative), que dans les terres marginales en Haute Guinée, comme en Guinée Forestière, où on la trouve, à titre très marginal, sur des défriches dégradées. Pour cette raison, le projet *FONIO* s'est limité à étudier les deux premières régions citées : le Fouta Djallon et la Haute Guinée. Les ressources pluviométriques mettent en évidence un fort potentiel de production de biomasse, en particulier en zone de savanes et au Fouta Djallon. Cette ressource se traduit par l'important potentiel tant pour la production de fourrage (Rollin, 2002) comme pour celle du riz, du maïs et du coton en région de savanes.

### 1.1.3. Région de prédilection du fonio : la moyenne Guinée - le Fouta Djalon

Cette région (figure 1) est limitée au nord par la Guinée Bissau et le Sénégal. Elle se prolonge vers les monts mandingues du Mali au nord-ouest, et au sud elle rejoint les vastes plaines de la vallée du haut Niger. Le Massif du Fouta-Djalon est constitué de sédiments primaires. Ces sédiments qui forment des plateaux tabulaires, à une altitude d'environ 1000 m, sont constitués de grès horizontaux siliceux. Les séries primaires sont traversées par des venues éruptives basiques que l'on observe surtout dans les schistes (dolérites) et plus rarement dans les grès (dykes).

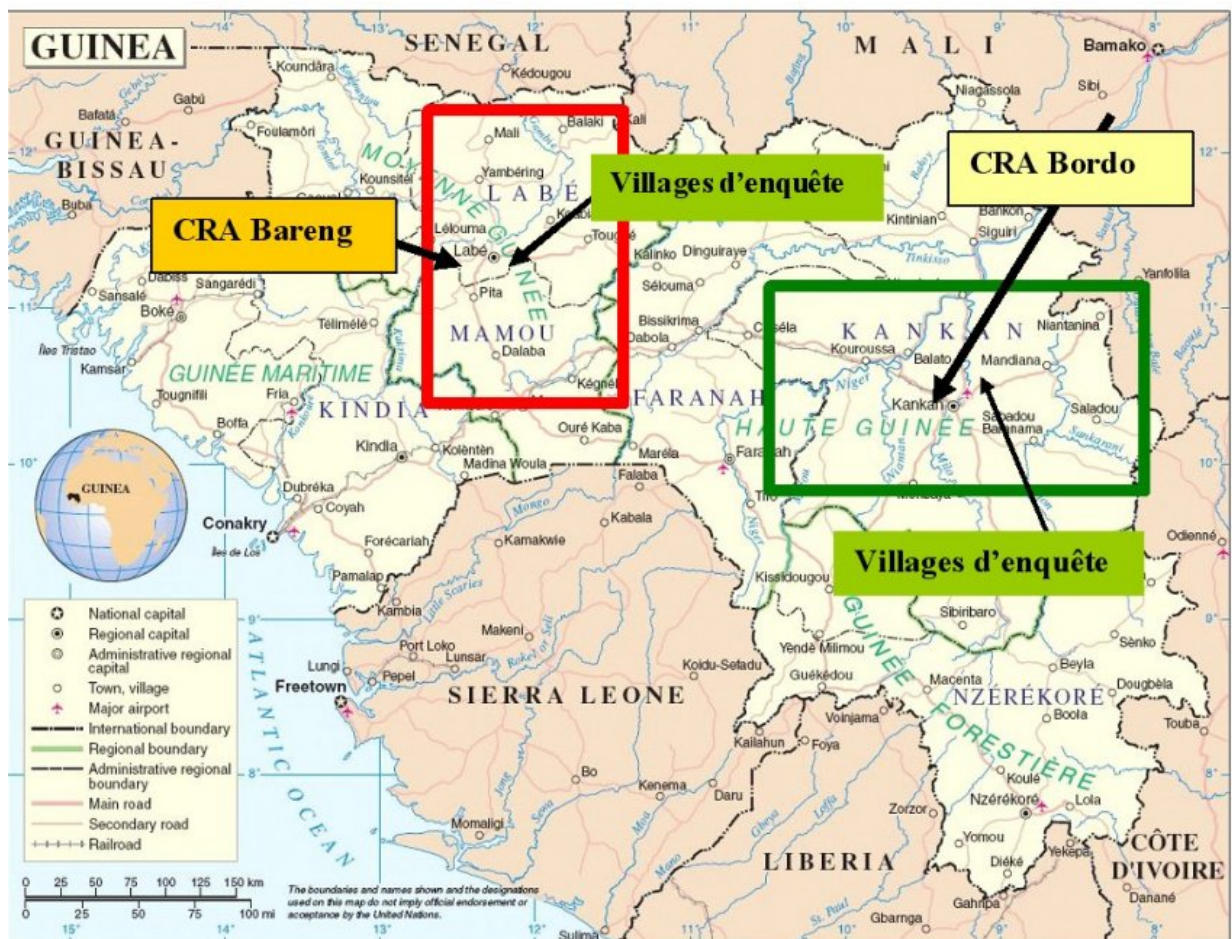


Figure 1 : Les régions de Guinée, Centres de recherche et villages d'enquête : Seghen et Hore Oury (Fouta Djalon) ; Tintioukoro et Balandou Koba ( Kankan).

Tous ces grès sont fortement fracturés suivant des lignes perpendiculaires d'orientation nord-est et nord-ouest que suivent les rivières. Les hauteurs du Fouta Djalon sont plus des hauts plateaux que de véritables montagnes. Leur structure tabulaire accuse ce caractère. Les altitudes varient autour de 1.000 mètres en moyenne avec deux régions culminantes, au nord à Mali (1.515 m) et au sud vers Dalaba (1.425 m).

Au sud, cet ensemble se prolonge par les plateaux du Benna dont les altitudes varient de 700 à 900 mètres. L'ensemble du modelé est fortement influencé par le cuirassement des sols qui multiplie les formes subhorizontales.

Stations	Localisation		Altitude	Régions
	Latitude (Nord)	Longitude (Ouest)	(m)	naturelles
Dalaba	10°41'	12°13'	1202	Moyenne Guinée
Kankan	10°23'	9°18'	379	Haute Guinée
Siguiri	11°26'	9°10'	362	Haute Guinée
Labé	11°18'	12°19'	1025	Moyenne Guinée
Mamou	10°22'	12°05'	784	Moyenne Guinée

Tableau 1 : Positions géographiques des stations climatiques dont les données seront valorisées dans le cadre du projet

#### 1.1.3.1. Le climat

Sur le massif, entre 800 et 1.000 m, règne le climat guinéen foutanien qui est un type de sous-climat montagnard du climat soudano-guinéen. Outre les caractéristiques de ce dernier, il est marqué pendant la saison pluvieuse par des pluies intenses de mousson et, pendant la saison sèche, par l'influence desséchante de l'harmattan. Les deux saisons (tableaux 2 et 3) sont ainsi très contrastées. Cependant des brouillards de montagne modèrent l'aridité de la saison sèche. La saison fraîche varie de 6 à 7 mois selon l'altitude. Elle marque la fin de l'hivernage et l'arrivée de la saison sèche, période que l'on caractérisera comme la période favorable à la maturation du fonio.

Température moyenne annuelle :	20°4 — 23°2
Température moyenne mensuelle: minima	18° — 21°7
Température moyenne mensuelle: maxima	23°7 — 25°7
Amplitude thermique (faible ou moyenne)	4° 7 — 6°

Tableau 2 : Les températures (°C) au Fouta Djallon : Mamou (758 m) - Mali (1.500 m)

La durée de la saison des pluies utiles (tableau 3) est estimée à 210 jours à une altitude de 700 m et passe à 240 jours à plus de 1000 mètres. Cette variabilité (Aubreville, 1950) aura des conséquences sur la carte d'adaptabilité des variétés de fonio.

#### 1.1.3.2. La végétation

Le Massif est entouré d'une savane boisée plus ou moins dégradée, à affinités guinéennes vers l'est et le sud. A partir de 800 mètres d'altitude, les savanes sont remplacées par une forêt dense, montagnarde, excessivement dégradée. Elle a été remplacée par des broussailles et surtout par une prairie peu dense, à graminées. Le sol a été décapé laissant de vastes espaces dénudés (ou maigrement herbeux qui sont les *Boowe*. La forêt, là où elle existe encore, est remarquable par la prédominance, dans la haute futaie, du *Sougué* (*Parinari excelsa*) caractérisé par sa puissante cime hémisphérique très feuillue, garnie de lichens.



### 1.1.3.3. Les sols

Trois types de paysages (Aubert, 1965) correspondent à des sols bien caractérisés : les hauts-plateaux, les pentes d'érosion, les sols colluvio-alluvionnaires des vallées. Si les sols des hauts-plateaux et des vallées sont assez bien connus, il n'en est pas de même pour *les sols de pentes* qui, en certains points, constituent jusqu'à plus de 80% des terres exploitables. Ces sols sont partout intensément cultivés. Ce sont eux qui sont dédiés le plus souvent au fonio. D'une façon générale, les caractéristiques pédologiques sont liées à deux processus essentiels:

- 1) Une ferrallitisation intense à laquelle se superposent des phénomènes d'hydromorphie.
- 2) Un lessivage prononcé des éléments mis en solution à la suite des actions précédentes, soit par mouvement *per descensum*, soit par mouvements obliques.

Il en découle que moins forte est la pente, plus intenses sont les lessivages et plus pauvres sont les sols. A l'opposé, les sols à forte pente, en particulier ceux développés sur dolérites, sont chimiquement parmi les plus riches, d'où l'attrait certain de ceux-ci auprès des cultivateurs. On considérera comme sols de pente, tous ceux dont le pendage excède 15 %. Ils sont souvent appelés sols d'éboulis. Pour un site donné, on constate que la somme des cations du complexe absorbant augmente avec la pente. L'examen du profil de ces sols, fait apparaître un lessivage, principalement oblique, beaucoup plus important qu'on pouvait le supposer *a priori*.



© J.F. Cruz (Cirad)

Figure 2. Champs de fonio en plaine et en coteaux à Seghen (Fouta Djallon)

**Tableau 3 : Moyennes mensuelles et annuelles (mm) de la pluviométrie en Guinée (1975-1984)**

Stations	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aôut	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
<b>Conakry (GM)</b>	1	5	5	25	143	427	1187	1137	639	309	85	11	3974
<b>Moyenne Guinée</b>													
<b>Dalaba</b>	3	5	27	79	151	230	365	496	362	198	42	12	1970
<b>Labé</b>	2	3	8	38	143	232	319	352	301	149	41	6	1594
<b>Mamou</b>	3	6	31	81	167	210	326	413	341	220	57	12	1867
<b>Haute Guinée</b>													
<b>Siguiri</b>	1	1	9	35	103	186	272	336	268	119	17	3	1351
<b>Kankan</b>	3	7	26	76	137	217	295	356	360	164	34	4	1679
<b>Nzérékoré (GF)</b>	10	52	116	158	174	216	214	331	210	200	25	156	1862



Altitude 800 m	janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	total
<b>Pluies</b>	4	8	32	117	187	278	313	436	373	246	63	8	2065 mm
<b>Température</b>	22,4	24	25,6	25,7	24,6	23,1	22,2	21,7	22,3	22,4	22,4	21,6	23,2
<b>Tension vapeur d'eau</b>	9,8	11,9	13,9	16,2	17,4	17	16,9	16,8	17	16,9	14,8	11,6	15,1
<b>Déficit saturation</b>	10,3	10,2	10,5	8,3	5,5	4	3	2,5	3	3,2	5,3	7,5	6 mm

Tableau 4 : Les indicateurs agroclimatiques mensuels à une altitude moyenne de 800 m

Ces sols de pentes, graveleux en surface, ont une structuration favorisant le développement des racines en profondeur et permettant une régénération rapide de l'horizon humifère par la jachère arbustive. Ces sols sont donc recherchés pour la culture des céréales (riz et fonio). Les pentes cultivées depuis fort longtemps laissent toutefois apparaître une *bowalisation* plus ou moins poussée. L'organisation en terrasse, constituée de sols alluviaux souvent de grande épaisseur (plusieurs mètres), montre des sols rouges, déjà fortement ferrallitiques, suffisamment lessivés en surface que pour posséder un horizon ameubli à ce niveau, pouvant supporter des cultures. En aval des pentes, on trouve une série de bas-fonds dont l'intérêt est variable suivant la nature des sédiments qui leur ont donné naissance. Ces bas-fonds sont généralement de faible étendue (quelques dizaines d'hectares) sauf vers le nord, à la limite du Sénégal, et dans quelques cuvettes orientales du Kolum.

#### 1.1.4. La Haute Guinée, zone des savanes et des plaines inondables

La Haute Guinée couvre une superficie de 103.235 km<sup>2</sup> soit environ 41 % du territoire guinéen. Administrativement, elle est divisée en deux régions administratives, celle de Kankan et la région de Faranah. Cette région, sous l'influence du climat tropical sud soudanien (figure 3), est caractérisée par l'alternance d'une saison sèche (Béavogui, 2004) de novembre à avril, avec la prédominance de vents d'Est (harmattan), et d'une saison des pluies de mai à octobre.

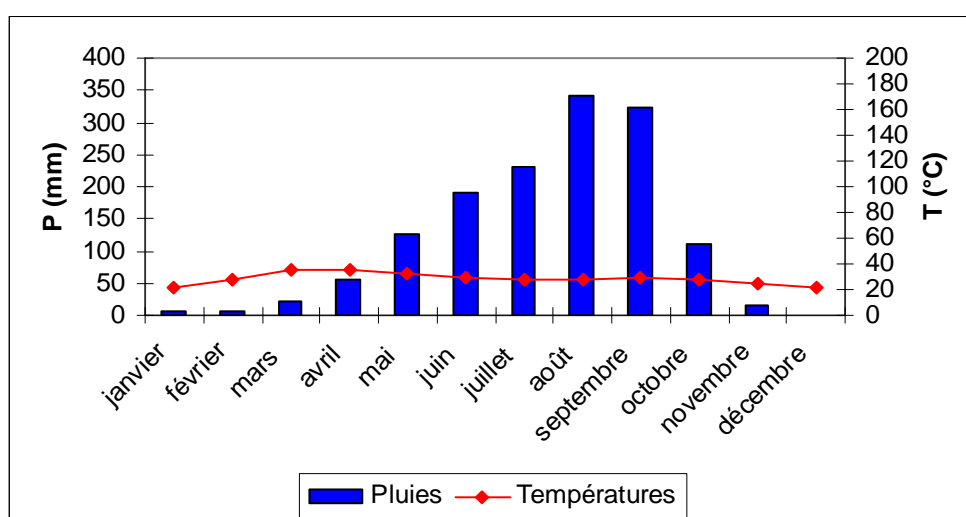


Figure 3 : Graphique ombrothermique de Kankan - CRA de Bordo (1975-84)

On observe de fortes irrégularités lors de l'installation des pluies, tandis que la fin de la saison des pluies paraît beaucoup plus régulière (figure 4).

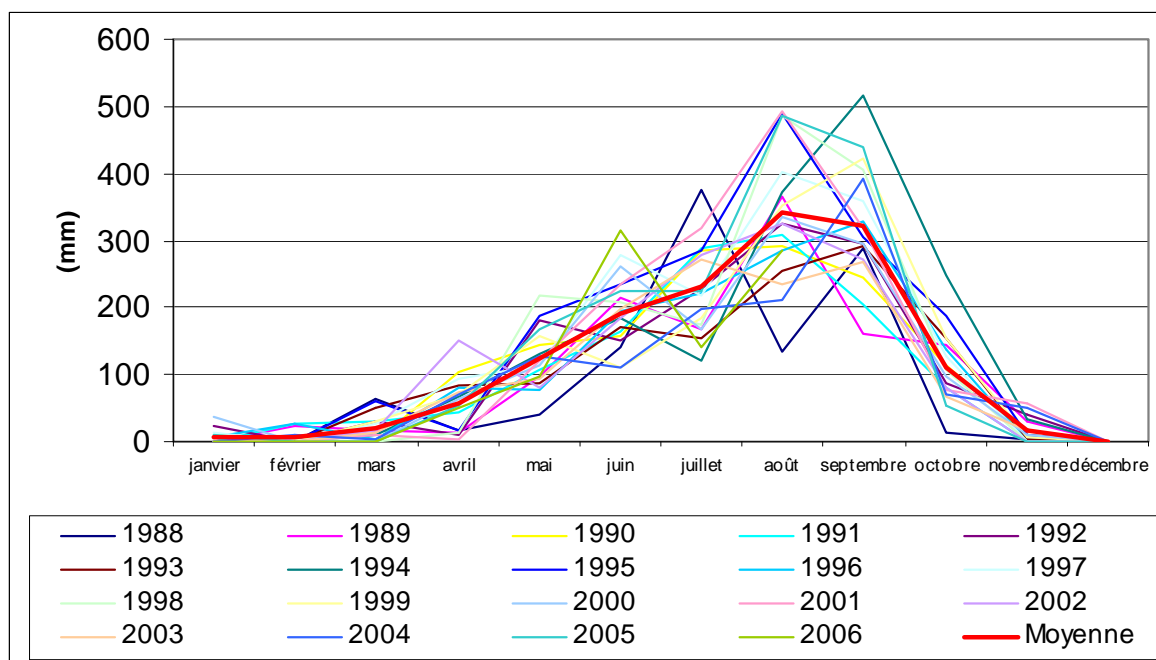


Figure 4 : Précipitations mensuelles à Kankan (1988 – 2006)

#### 1.1.4.1. Relief, hydrographie et pédologie

Des hauts plateaux accidentés du Fouta Djalon, on descend brusquement sur un plateau inférieur relativement bas et monotone, s'inclinant faiblement en glaciés vers le Nord-Est. Quelques zones atteignent 500 m d'altitude. L'ensemble oscille entre 400 et 420 m. Des lignes de hauteur orientées « nord-ouest/sud-est » limitent au sud-ouest le “*bassin de Siguiri*”. C'est le bassin du “*Niandan – banié*” prolongé vers le sud-est. Au sud de Kankan, l'altitude de ces lignes varie entre 650 et 700 m, quelques points dépassant 800 m. Au nord, vers Bissikrima, le massif de Balia (au nord du Tinkisso) et celui de Banko (au sud du Tinkisso) présentent une banquette à 800 m environ.

Du point de vue hydrologique, la Haute Guinée correspond en fait au haut bassin du Niger. Celui-ci, principal fleuve de l'ouest africain, prend sa source près de Faranah. Il reçoit de nombreux affluents :

\* Le *Tinkisso*, coulant des hauteurs du Fouta Djalon, et qui se jette dans la rive gauche du Niger.

\* Le *Mafou*, le *Niandan*, le *Milo*, la *Fié* et le *Sankarani*, coulant de la dorsale guinéenne, qui rejoignent le Niger sur la rive droite, du côté sud-est.

#### 1.1.4.2. Les sols

Les sols de la Haute Guinée sont en général complexes avec une alternance de *lithosols*, *luvisols*, *nitosols* et *acrisols* (Baldé et Coll 1993) qui présentent, par endroit, des zones de latérite à horizons compacts. Une classification simplifiée des sols donne les types suivants :

- *Sols de plaines d'inondation* : formés sur des alluvions quaternaires (Brunet-Moet 1986). Ces sols sont composés de limon et d'argile fin. Ils sont profonds, à pH acide, caractérisés par une carence en phosphore et en potassium.
- *Sols de terrasse* : se situant entre les plaines inondables et les plateaux. Ce sont des sols ferrugineux tropicaux lessivés.
- *Sols de plateau* : provenant de la dislocation d'une cuirasse latéritique ancienne dont subsistent encore quelques vestiges sur les parties hautes (buttes cuirassées). L'horizon de surface de ces sols est gravillonnaires.
- *Sols des hauts bassins* : formés sur du grès, ce sont des sols ferrallitiques à texture sablo-argileuse, mais fortement lessivés.
- *Sols des massifs et monts* : sols généralement cuirassés (*bowés*) rencontrés essentiellement dans la préfecture de Dinguiraye.
- *Sols hydromorphes* : caractéristiques des bas-fonds, ils se rencontrent dans les dépressions, notamment dans les vallées longeant la dorsale guinéenne.

#### 1.1.4.3. La végétation et l'utilisation des terres

D'une manière générale, la Haute Guinée se divise en trois grandes zones de végétation :

- *La savane soudanienne* à l'extrême nord. C'est une savane faiblement arborée, de glacis sur des collines et plateaux cuirassés. On y rencontre parfois quelques rares cordons forestiers sur les rebords des cuirasses. Elle couvre les préfectures de Siguiri et le Nord de Mandiana.
- *La savane de type humide*. Elle occupe tout le centre du massif avec quelques forêts dégradées d'altitude dans les préfectures de Dalaba et Dinguiraye. Dans cette partie de la Haute Guinée, les inter-fleuves sont couverts de forêts denses et sèches. Au sud, notamment dans les préfectures de Kérouané, à l'est de Faranah, au sud de Kankan et à l'ouest de Kouroussa, on retrouve une savane arborée et des forêts secondaires dans les zones de faible densité de population.
- *Une mosaïque forêt-savane* : c'est la zone de transition forêt-savane qui se trouve au contact des forêts soudano-guinéennes. Au nord de cette zone pré forestière, essentiellement entre le 10<sup>ème</sup> et le 11<sup>ème</sup> parallèle, on retrouve une savane boisée sur les collines et cuirasses fortement anthropisées.

Cette grande unité recouvre cependant des mosaïques de savanes arborées péri-forestières, quelques galeries de forêt sèche et humide, notamment sur le massif du Tanko dans la préfecture de Faranah. Une végétation herbacée composée de hautes graminées est caractéristique de cette région.

## 1.2. Le Mali

### 1.2.1. L'écosystème soudano - sahélien au Mali.

La diversité du Mali (figure 5) se traduit par des situations écologiques (Sivakumar, 2003) très contrastées entre les savanes arbustives du centre du pays, la brousse tigrée, qui couvre 25 % du Sud du pays, jusqu'aux forêts de la zone Soudano-guinéenne et les forêts galeries de l'Ouest du pays. Sur le plan hydrographique le pays est arrosé par deux grands fleuves et leurs affluents. Il s'agit du fleuve Sénégal, long de 1800 km, dont près de la moitié au Mali, et du fleuve Niger, long de 4200 km dont 1780 km au Mali. Seuls 14 % de la superficie totale du pays sont des terres aptes à l'agriculture. 25 % des terres sont impropres aux cultures mais se prêtant par contre aux pâturages et à la production de bois. La superficie totale cultivée ne représente, quant à elle, que 12 % de la superficie cultivable. Cependant certaines terres demeurent surexploitées.

Le secteur agricole est le plus gros pourvoyeur d'emplois : près de 75 % de la population vivent dans les zones rurales.

L'essentiel de la production du Mali provient du secteur agricole (l'agriculture, l'élevage, et la pêche). L'agriculture contribue pour 50 % du PIB (source : Banque Mondiale 2003). Elle est essentiellement extensive et s'étend de l'extrême Sud du pays (zone soudano-guinéenne) jusqu'à la limite septentrionale de la zone sahélienne.

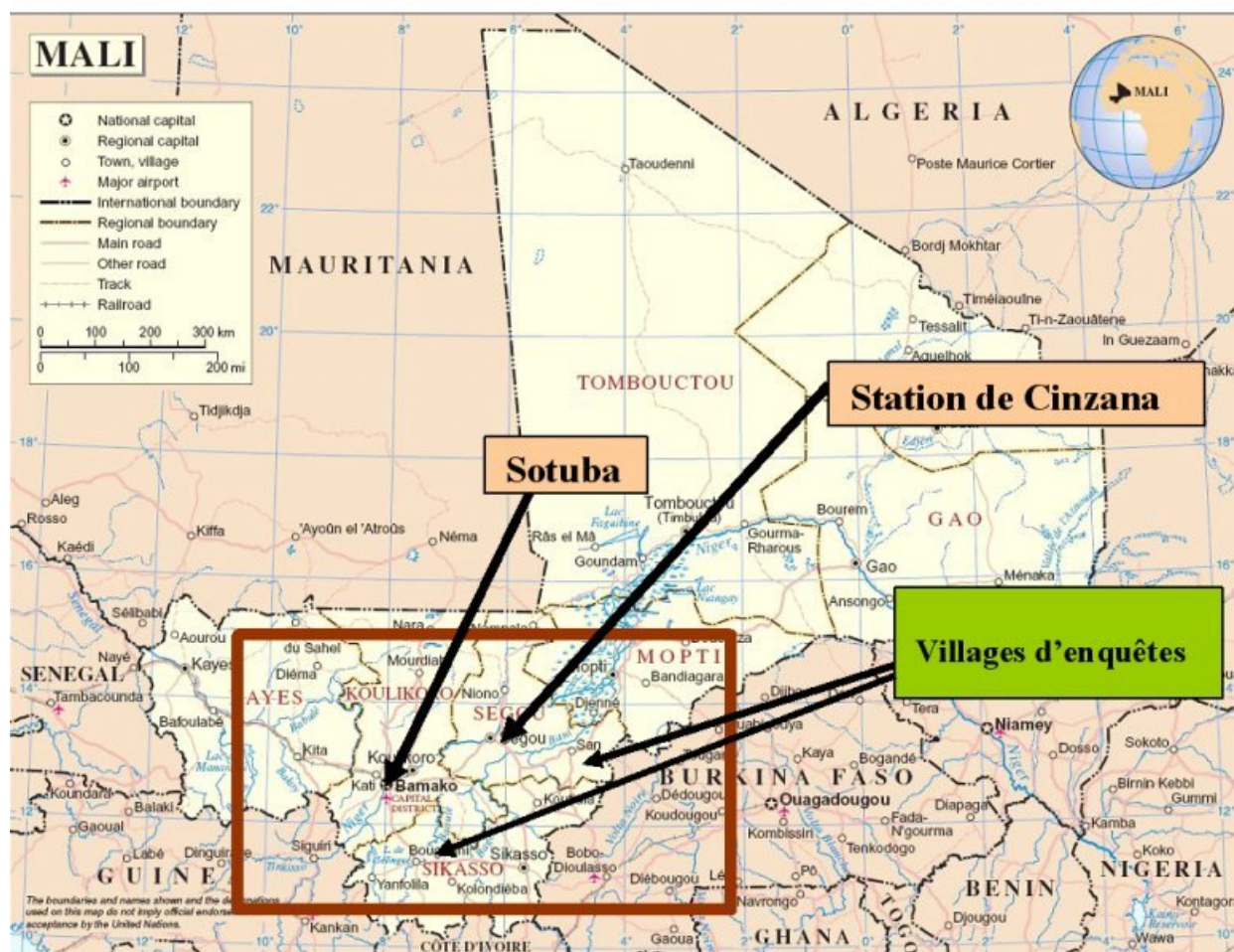


Figure 5 Carte du Mali et sites d'intervention du projet. Villages d'enquête de Hanekuy et Sanekuy (Tomininan) et cercle de Bougouni ( au sud ).

A côté de la production vivrière (mil, sorgho, maïs, riz, etc.), les principales cultures de rente sont le coton, au Sud, et l'arachide, principalement au Sud-Ouest. Le coton constitue la principale source d'exportation du pays. L'agriculture fournit aussi l'essentiel des matières premières pour le secteur manufacturé. L'élevage, qui compte pour 17 % du Produit Intérieur Brut (PIB) global et 35% du PIB agricole, est traditionnellement aussi important que l'agriculture dans l'économie malienne. Après la dévaluation du franc CFA (monnaie locale), les exportations de bovins ont été en nette augmentation ces dernières années. D'un point de vue économique, le Mali est classé parmi les pays les plus pauvres du monde. L'économie du Mali est basée sur le secteur primaire (environ 50 % du PIB et 2/3 des recettes d'exportation) qui dépend fortement des variations climatiques. En plus de la dépendance de l'économie malienne aux variations météorologiques, elle est aussi très vulnérable aux mouvements négatifs sur les marchés internationaux des produits de base. Ces contraintes ont eu pour résultat une épargne nationale limitée, la dépendance de l'aide étrangère et un faible transfert d'emplois de l'agriculture vers l'industrie. Pour ce qui est de la démographie, la population du Mali est très inégalement répartie. Elle est estimée à près de 10 millions d'habitants en 2006 dont près des ¾ (75 %) vivent en milieu rural.

### **1.2.2. La région de Ségou – Cinzana et la plaine du Séno au Mali**

Cette région fait partie du triangle Bamako-Mopti-Sikasso, correspondant sensiblement au bassin Sud du fleuve Niger. Elle abrite près de 6 millions d'habitants. A l'instar de la région montagneuse du Fouta Djallon, la région du Séno au Mali, située au centre-est du pays, arrosée par le fleuve Niger et son affluent le Bani, constitue une grande zone céréalière au sud et d'élevage au nord. Bordée au nord par les aménagements de l'office du Niger, consacrés à la riziculture irriguée (35 000 ha), et au sud par les franges nord de la zone cotonnière, cette région est considérée comme le sanctuaire de la culture du fonio en Afrique de l'ouest. A noter que dans la partie sud de la zone, au climat de type soudanien (isohyètes annuels compris entre 1.300 et 700 mm), persistent des îlots de forêt claire et de savane herbeuse.

Les principales productions agricoles (Dounias et al, 2001) sont les cultures vivrières (mil, sorgho, riz, maïs, fonio, niébé) et les cultures industrielles (arachide, coton, dah, tabac, canne à sucre). Les cultures de mil, sorgho et arachide, suivies du niébé, du voandzou pois de terre et du fonio, sont les céréales et légumineuses alimentaires à graines les plus connues. Ces plantes sont cultivées un peu partout dans la zone et sont consommées sous différentes formes. Les légumineuses sont intéressantes pour leur pouvoir améliorant pour les sols (fixation d'azote) et pour leur potentiel fourrager. Leur teneur élevée en protéine fait qu'elles sont considérées comme étant « la viande des pauvres ».

Cette région centrale du Mali est un des foyers de diversité les plus importants pour la culture du fonio qui joue un très grand rôle sur les plans diététique (le fonio est traditionnellement conseillé aux diabétiques) et socio-culturel et ce bien que considéré, au plan économique, comme une culture secondaire. Le fonio est cultivé un peu partout. Il s'accommode de conditions de culture peu favorables (sols pauvres, sécheresse, ...).

La recherche agronomique (station de Cinzana) dispose d'une collection qui a été enrichie par du matériel collecté lors de missions de prospection et de collectes que les sélectionneurs du Mali ont effectuées en Guinée.

## 1.3. Le Burkina Faso

### 1.3.1. L'Ouest et le Nord-Ouest du Burkina Faso

Pour se donner un ordre de grandeur de l'économie du Burkina Faso (274.000 km<sup>2</sup>), on précisera que la population de ce pays a atteint en 2004, 12 millions d'habitants avec les statistiques de production suivantes : Sorgho : 1.300.000 tonnes, Mil : 800.000 tonnes, Maïs : 250.000 tonnes, Riz : 50.000 tonnes, Coton 400.000 tonnes pour un cheptel animal global de 20 millions de têtes dont 5 millions de bovins.

La région de Nouna (province de Kossi), frontalière du Mali, au nord du pays bobo (capitale : Bobo Dioulasso) constitue la frange sud de la région écologique du Yatenga et prolonge vers l'Est celle du Séno sélectionnée au Mali par le projet. La zone d'Orodara (Kéné Dougou-Houet), également frontalière, est proche de la région de Sikasso au Mali. C'est dans le cadre de cette continuité agroécologique que les zones de Nouna et d'Orodara ont été choisies (Figure 6) au Burkina Faso pour la réalisation des suivis villageois et enquêtes parcellaires mis en place, dans le cadre du WP5, sur les trois pays suivis dans le cadre de ce projet.

#### 1.3.1.1. Les sols

On rencontre (Aubert, 1965) cinq types de sols dans l'ouest de ce pays.

Les sols gravillonnaires, lessivés, peu profonds (profondeur < 40 cm), à valeur agricole faible.

Les sols argilo-sableux en surface et argileux en profondeur, pour la plupart profonds (profondeur > 100 cm) avec une capacité de drainage moyen. Ils sont riches en minéraux et pauvres en matière organique. Ils sont aptes pour les cultures de rente telles que le sésame, le coton et les arachides.

Les sols argilo-sableux à argileux en surface qui présentent l'avantage d'être bien drainés. Ils sont favorables aux cultures arbustives et à la culture mécanisée (attelée en particulier). Les arachides et le coton y réussissent bien. Les sols limono argileux à argilo-limoneux en surface et argileux en profondeur, hydromorphes et riches en éléments minéraux, aptes à la culture du riz en particulier et à la culture maraîchère.

Les sols sableux en surface et argileux en profondeur, ferralitiques et très profonds, plus ou moins limoneux et de fertilité variable. Ils sont aptes pour les tubercules et les céréales.

#### 1.3.1.2. La végétation

La combinaison de la bonne pluviométrie et des sols, qui sont d'assez bonne qualité, offre des conditions favorables à l'éclosion d'un couvert végétal consistant avec des espèces ligneuses diverses. On rencontre plusieurs types de formations végétales :

- i) La savane boisée au sud des départements de Samogohiri, Djigouéra, Orodara, Koloko ;
- ii) la savane arborée dans la partie Nord et Nord - Ouest de la Province : N'Dorola, Sindo, Morolaba, Kourouma. On y rencontre les mêmes espèces végétales tels que *parkia*, *biglobosa*, *butyrospermum parkis*, *Terminalia* ;
- iii) la forêt claire, présente au Sud, dans les départements de Koloko et Samogohiri, à proximité des cours d'eau.



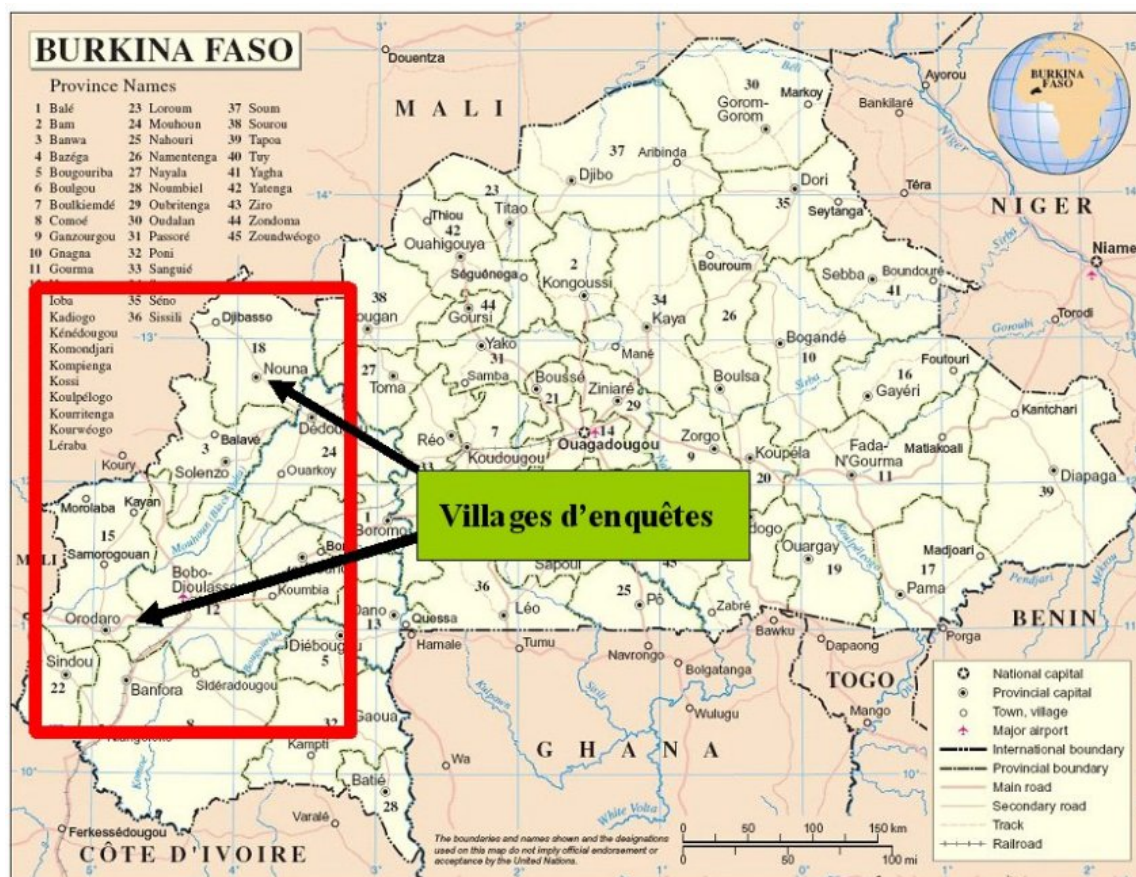


Figure 6 : L'ouest du Burkina Faso et le sud de la plaine du Seno. Les villages d'enquête : Djibasso et Nouna au nord, Orodara et Toussiana au sud

La pluviométrie de la région d'Orodara, est répartie selon un mode monomodal typiquement soudanien avec un nombre de jours de pluie bien répartis sur 4 mois (tableau 5). De telles conditions sont favorables au développement (Stern, 1981) d'une agriculture intensive. Plus au nord de la zone d'étude, le district de Nouna, situé à 350 km de Ouagadougou reçoit en moyenne, 800 mm avec une variabilité interannuelle élevée (480 - 1100 mm). Une telle situation rend l'agriculture intensive plutôt risquée.

Année	POSTES			
	ORODARA	SAMOROGOUAN	KOLOKO	N'DOROLA
1999	1534 ( 64 jours)	1235 ( 67j)	1253 ( 78j)	-
2000	1483 ( 85 j)	1149 ( 58j)	1412 ( 79j)	931 ( 62j)
2001	1006 ( 70 j)	1122 ( 64j)	1029 ( 68j)	860 ( 63j)
2002	1008 ( 63 j)	900 ( 59j)	945 ( 57j)	928 ( 52j)
2003	1221 ( 82 j)	1046 ( 69j)	1246 ( 69j)	1044 ( 62j)

Source : DMN Ouagadougou

Tableau 5: Pluviométrie (mm d'eau) et nombre de jours de pluie sur la zone d'étude du Burkina Faso (1999 - 2003)

Par ailleurs, la population très jeune (figure 7) y est constituée d'ethnies très différentes.

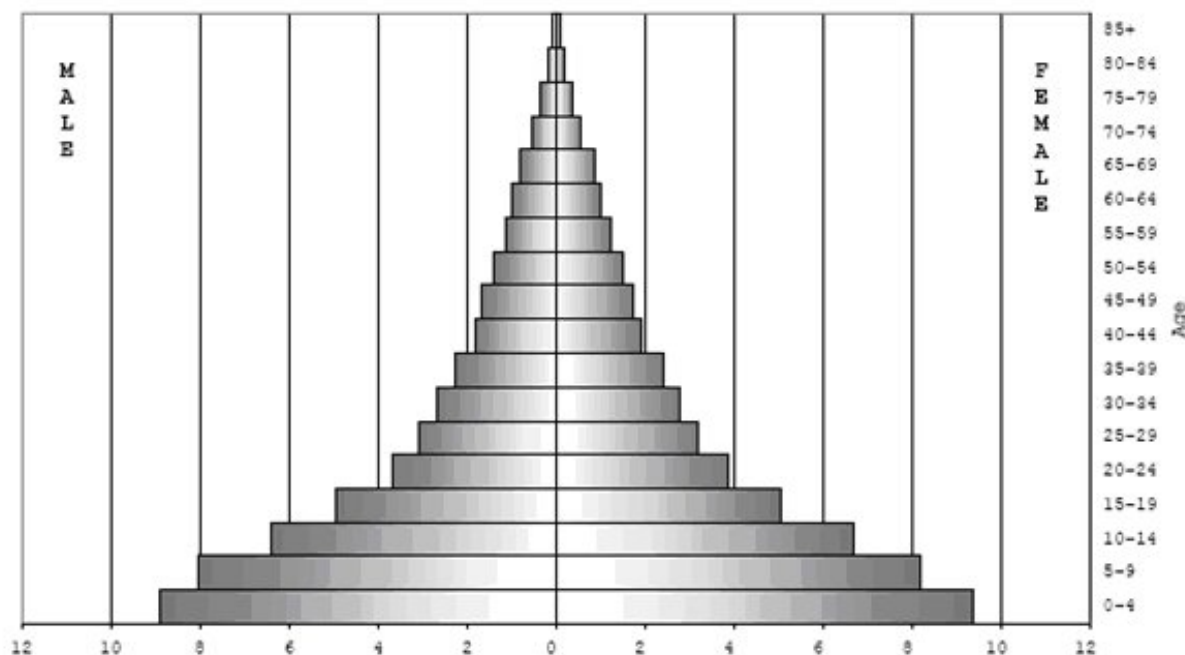


Figure 7 : Regard sur la situation démographique en zone rurale – District de Nouna ( 2004)

## 2 - Les sites de recherche et d'expérimentation du projet FONIO

### 2.1. Le site du Centre de Recherche Agronomique de Bareng, au Fouta Djallon

Le centre IRAG (Institut de Recherche Agronomique de Guinée) de Bareng est situé sur la commune de Timbi Madina entre Pita et Labé dans le Fouta Djallon. Les activités de ce Centre de Recherche Agronomique sont essentiellement orientées sur le fonio, l'élevage nomade, les cultures maraîchères (cultivées dans les tapades<sup>1</sup> familiales) et la pomme de terre (pratiquée dans les plaines). Les principales actions de recherche relatives au fonio et qui relèvent d'un mandat national portent sur les thématiques suivantes.

(1) L'inventaire et la caractérisation des écotypes de fonio cultivés en Guinée avec (i) la prospection et la collecte des écotypes de fonio en Haute Guinée ; (ii) la caractérisation botanique du fonio en collection ; (iii) la caractérisation agronomique des variétés locales de fonio en collection et (iv) l'identification des variétés de bonne qualité et de meilleur rendement au décortiquage.

(2) L'étude des effets de la fertilisation minérale dans l'augmentation des rendements du fonio sur sol ferrallitique pauvre avec une attention particulière pour l'influence de la fumure phosphatée et des normes de semis sur le rendement du fonio Siragué. Dans ce cadre une étude comparative d'apports d'engrais phosphaté sur sol N'dantari est réalisée.

<sup>1</sup> La tapade est la concession constituée du foyer et de quelques cultures environnantes séparés de l'extérieur par une clôture (haies

(3) Dans le cadre de différents projets d'envergure régionale, l'étude de l'amélioration des technologies post-récolte du fonio porte sur : (i) l'évaluation des variétés de fonio au décorticage mécanique ; (ii) la recherche d'un type de séchoir solaire pour le fonio ; (iii) la conception et l'évaluation d'équipement pour le triage du fonio net et (iv) l'amélioration de batteuses à céréales en vue de les utiliser pour le battage du fonio.

Le Centre développe par ailleurs des recherches en matière d'intensification raisonnée des pratiques d'élevage. Ces recherches sont susceptibles d'intéresser le projet FONIO avec la création d'une banque de plantes fourragères et de couverture. Les espèces les plus performantes seront introduites et multipliées au niveau des exploitations paysannes.

On citera :

**les graminées :**

*Brachiaria brizantha*

*Brachiaria decumbens*

*Brachiaria humidicola*

*Brachiaria mutica*

*Brachiaria ruziziensis*

*Panicum maximum*

*Paspalum plicatulum*

*Tripsacum laxum*

**les légumineuses :**

*Centrosema pubescens*

*Centrosema acutifolium*

*Pueraria phaseoloides*

*Arachis pintoii*

*Stylosanthes guianensis* (à Bareng depuis 1992)

*Mucuna utilis* (depuis 2000 avec SG2000)

## **2.2. Le site du Centre de Recherche Agronomique de Bordo, en Haute Guinée**

Le Centre de recherche agronomique CRA de Bordo ( 9°20'O, 10°20'N, altitude de 360 m), est situé à proximité de la ville de Kankan, le long de la rivière Milo, affluent du fleuve Niger. Il est soumis à un climat soudanien à deux saisons très contrastées. L'hivernage dure entre 160 et 180 jours. Les précipitations annuelles sont de l'ordre de 1600 mm. La densité de population de la zone est inférieure à 20 habitants/km<sup>2</sup>.

Les sols de type ferrallitiques, localement intitulés *Boowe* sont situés sur le moyen glacis, à proximité des berges de la rivière. En fonction de la profondeur de la cuirasse, la réserve utile du sol varie entre 100 et 160 mm. La moyenne pour les parcelles d'essai étant estimée à 140 mm. On notera l'absence sur la station de sols ferrallitiques gravillonnaires à faible réserve utile (80 mm) et à fertilité réduite pourtant largement répandus dans la région.

La ressource pluviométrique n'étant pas le principal facteur limitant, toute perspective de développement de la culture du fonio passera par la résolution de la contrainte 'fertilité' limitant la production de la plante. Soit la nécessité de conduire toute étude et recherche visant à améliorer à la fois (i) le potentiel (génétique et agronomique) de production de la plante et sa capacité à valoriser les engrais; (ii) les technologies post récolte et (iii) l'accès au marché avec garantie d'un prix attractif susceptible de couvrir les frais d'intensification tout en assurant un revenu significatif à la famille.

Le programme de recherche du CRA de Bordo porte sur les activités suivantes :

- *les systèmes de culture des plaines et de bas fond.* Dans ces situations, l'agriculture *sensu lato* (incluant le bétail) est organisée au sein du terroir villageois. La plaine est utilisée comme lieu de pâturage pendant la saison sèche : les zones profondes gardent longtemps une humidité qui permet le maintien d'un tapis herbacé consommé par le bétail. Pendant la saison des pluies, la pêche peut être pratiquée dans les zones inondées.
- *les systèmes sur toposéquence.* Aucune attribution de terre n'étant réalisée durablement dans les zones de plaine, l'agriculture *sensu stricto* est implantée depuis la haute plaine jusqu'au plateau, avec un mode de gestion de la terre commun entre chaque clan : la terre est la propriété de la personne la plus âgée du clan. Les agriculteurs pratiquent alors la défriche-brûlis, les temps de jachère entre chaque mise en culture étant de l'ordre de 20 ans. Les principales productions sont le riz pluvial, le fonio, le maïs, le manioc, le sorgho, le mil et l'igname. Elles sont réalisées sur le plateau. Le seul instrument de travail est alors la daba (outil manuel de labour localisé du sol). Chaque famille constitue alors une unité de production familiale. Les familles peuvent disposer d'une main d'œuvre relativement abondante. Ceci permet d'étendre assez rapidement les aires de culture sur le plateau. La main d'œuvre réside alors dans des hameaux établis au niveau des zones de culture éloignées du village. Cette situation explique en grande partie l'importance des surfaces emblavées en fonio, culture fortement consommatrice de main d'œuvre à la récolte. On notera que certaines exploitations (Mandiana, 1982) consacrent plus de 150 journées/ha de main d'œuvre à cette activité. Ce thème de la productivité de la journée de travail consacré au fonio constitue un des éléments clé de la recherche menée dans le cadre du projet FONIO afin de réussir la promotion de ce produit en haute Guinée.

La fertilisation constitue le second facteur limitant le rendement. On rappellera en effet que sur les parties hautes de la toposéquence, soit sur des terres relativement éloignées du village, aucun apport de fertilisant n'est effectué. Les sols que l'on trouve actuellement sont ainsi appauvris, ce à quoi ont dû s'adapter les agriculteurs pour le choix de leurs cultures. Avec le temps et l'appauvrissement du sol, la culture de l'igname, puis celle du riz pluvial sont progressivement abandonnées au profit de la culture du manioc, souvent en rotation avec du fonio, lequel peut être cultivé en association avec le maïs ou le sorgho. L'arachide, cultivée dans un but de commercialisation, s'intègre aussi dans la rotation avec le manioc. On note aussi le développement récent de la culture du niébé, dont la fixation de l'azote améliore la fertilité des sols, en association ou dans les rotations. Enfin, certains agriculteurs cultivent, généralement sur de petites surfaces, du voandzou dont la vente permet de générer un revenu. On retiendra que le fonio constitue la dernière spéculation possible dès lors que les sols ont perdu de leur fertilité. On peut dès lors proposer une représentation schématique de la succession des cultures en fonction de l'évolution de la fertilité :

***Igname > riz > maïs > sorgho > arachide > manioc > niébé > fonio***

***Gradient de fertilité décroissante***

- *La riziculture de plaine.* Cette production est répandue dans la région tout en dépendant des potentialités du réseau hydrographique. On y trouve une monoculture de riz sans jachère. On retrouve généralement un premier labour réalisé en début de saison des pluies (mi-mai); une quinzaine de jours plus tard, un 2<sup>ème</sup> labour, suivi du semis à la volé (100 kg/ha) et d'un hersage. Aucun autre travail n'est ensuite réalisé jusqu'à la récolte qui a lieu en décembre/janvier, après la décrue. La particularité de cette culture est sa dépendance vis-à-vis de la crue et les risques qui en découlent.

- *Arbres et cueillette.* Témoins d'une stratégie de capitalisation de la part des agriculteurs sédentarisés, des manguiers sont fréquemment plantés sur la haute terrasse alluviale et sur les versants des plateaux, où les sols sont le plus appauvris, ce qui est le cas autour de la ville de Kankan. On notera que l'entretien de ces vergers laisse à désirer depuis la fermeture de l'usine de jus de fruit. Le développement de l'anacardier pour la production de noix de cajou, assez récent dans la zone, est encore relativement limité. Les arbres sont plantés à une densité relativement faible (10 m x 10 m), ce qui permet de continuer la mise en culture du terrain. La tradition dans cette région conduit les femmes à exploiter le néré et le karité qu'elles transforment ensuite au village, produisant le *sumbala* et le beurre de karité, qu'elles commercialisent en grande quantité.

- *Le maraîchage* Il est fréquent de rencontrer, sur les parties les plus hautes des plaines, une activité de maraîchage assurée par les femmes qui y apportent une fertilisation sous forme de fumier essentiellement. L'objectif est de produire les condiments nécessaires à l'alimentation de la famille et de générer un revenu par la commercialisation des surplus de production.

Au plan économique, si le riz de plaine présente (Béavogui, 2004) une productivité de la terre légèrement supérieure à celles des cultures de plateau, exception faite de l'arachide, il se démarque particulièrement au niveau de la productivité du travail. Il s'agit en effet d'une culture pratiquée de manière très extensive, pour laquelle un minimum de travail est réalisé. L'arachide se démarque quant à elle, par le bon prix de vente dont elle bénéficie. Cependant, si la majorité des agriculteurs en cultivent, ce n'est généralement que sur de petites surfaces. En effet, cette production est destinée principalement à la vente sur un petit marché ne permettant de valoriser qu'un volume réduit : l'huilerie qui représentait un important débouché étant désormais fermée. On notera qu'une des questions posées dans le projet sera de vérifier l'hypothèse laissant penser que le fonio est aussi attractif (sur base de quels critères ? travail, bilan économique ?) que le riz de bas-fond ce qui constitue un facteur positif pour l'avenir de cette culture si on en améliore les performances.

### **2.3. Le site de la station de l'IER de Bamako – Sotuba au Mali**

Le Centre de Recherche Agronomique de l'IER (Institut d'Economie Rurale) de Sotuba est situé à 5 km de Bamako dans la direction de Koulikoro. Ce site a été retenu dans la mesure où il accueille les laboratoires et les dispositifs expérimentaux de l'IER travaillant dans les domaines de l'agroclimatologie et de la sélection des variétés céréalières photopériodiques : sorgho, mil et fonio en particulier. Le site, situé à proximité du fleuve Niger, correspond à un climat du type Soudanien (longitude 7°57'O, latitude 12°40'N, altitude 325 m). Le climat y est caractérisé par une température moyenne annuelle variant entre 26°C et 31°C avec une forte amplitude. Le maximum de température peut atteindre 42°C en avril contre un minimum de 10°C en janvier. La pluviométrie annuelle moyenne par an est de 900 mm avec une seule saison des pluies allant de Mai à Octobre. Les caractéristiques physico-chimiques des sols sont données au tableau 6.

Le Centre de Sotuba abrite depuis 1988 le laboratoire *Eau- Sol-Plante* dont les activités scientifiques, initialement orientées (Espace, 1992) vers l'agroclimatologie, se sont spécialisées progressivement sur les relations phénotypes – climat et le photopériodisme en tant que mécanisme d'adaptation à la sécheresse. Cette compétence explique la sélection de ce laboratoire pour le développement du modèle de prévision de production de biomasse en fonction du type variétal d'une part et du climat d'autre part (Déliverable 32).

	Station IER de Sotuba		
pH (eau)	5.42	Ca (meq/100 g)	0.69
<b>pH KCL</b>	<b>4.30</b>	Mg (meq/100 g)	0.46
% C	0.31	K (meq/100 g)	0.20
% N	0.01	Na (meq/100 g)	0.38
C/N	31	Saturation (%)	52
P-ass(ppm)	1.7	<b>Sable (%)</b>	<b>47.3</b>
P-tot(ppm)	75	<b>Limon (%)</b>	<b>43.4</b>
<b>CEC (meq/100g)</b>	<b>3.33</b>	<b>Argile (%)</b>	<b>9.3</b>

Tableau 6 : Caractéristiques physico-chimiques des sols

## 2.4. La station de recherche agronomique IER à Cinzana – région de Ségou

Le Centre de Recherche Agronomique de l'IER de Cinzana est situé à environ 30 km de Ségou (sur la route de Koutiala). Il a été créé en 1983, suite à la collaboration du gouvernement malien, de la fondation Ciba-Geigy maintenant Syngenta, et de l'USAID (coopération US), pour faire pendant à la station de Bamako-Sotuba qui se trouve en zone plus humide. Les cultures étudiées pour d'éventuelles créations variétales sont principalement le mil et le niébé, mais des essais sur le soja et le fonio sont également en cours. Des recherches et tests en plein champ sont menés avec la collaboration des paysans, notamment sur les associations culturales mil avec niébé ou soja ou sésame ou encore patate et fonio en rotation.

Dès le départ, l'objectif du Centre était clairement défini: établir une station nationale de recherche agricole en vue d'améliorer l'agriculture à base de mil. Le site retenu réunit, sur un terrain d'un seul tenant, les principaux types de sols agricoles du Mali. Il se prête à la culture du mil aussi bien que du Sorgho et est localisé à proximité de villages, dans une zone où se rencontrent divers systèmes de production traditionnels et différents groupes ethniques. En outre, le fait de disposer d'un approvisionnement régulier en eau permet d'établir des pépinières de sélection en saison sèche et d'intensifier la production de semences pendant cette période. La capacité d'irrigation permet aux programmes d'amélioration de Cinzana d'obtenir, comme Sotuba, deux générations par an. Elle donne également à la station la flexibilité requise pour multiplier rapidement les semences de variétés expérimentales prometteuses de mil, sorgho,



niébé et arachide.

Depuis quelques années, les activités, axées au départ exclusivement sur l'amélioration du mil, portent sur une diversité de problèmes se posant aux communautés paysannes de la région de Ségou. Le travail de la recherche se concentre avant tout sur des variétés adaptées aux conditions locales de culture et qui, malgré les sols marginaux, les engrais et la protection insuffisante des plantes, garantissent (Pichot, 1995) une récolte de 2 à 4t/ha. En outre, ces nouvelles variétés doivent répondre aux goûts des populations locales et ne pas donner plus de travail aux femmes qui sont en charge de leur préparation.

En agronomie les travaux portent sur (i) la mise au point de la culture en lignes alternées mil-niébé, (ii) et sur la création de systèmes de culture à base de mil et sorgho résistants aux foreurs de tige et au *striga*, (iii) sur la mise au point de schémas d'utilisation rationnelle du fumier et du compost, (iv) sur l'utilisation de haies vives à partir de *Zizyphus* sp. sans provoquer de baisse de rendement des cultures de mil adjacentes, (v) sur l'étude des associations culturales mil-manioc et mil-igname et (vi) sur l'appui à la relance de la culture du fonio dans la zone est et nord du fleuve Niger.

Le climat de la station (5°55'O, 13°10'N et altitude de 280 m) est caractérisé par des températures moyennes annuelles se situant entre 28° et 33°C avec des minima variant entre 8 et 12°C au mois de Janvier et des maxima entre 39 - 40°C au mois d'Avril.

Les vents sont très violents au début des tornades et l'évapotranspiration potentielle reste très élevée. La saison des pluies se situe entre Juin et mi-Octobre (figure 8) avec le maximum de pluie au mois d'Août. Les précipitations annuelles normales sont de l'ordre de 750 mm par an. Les quantités de pluie tombées varient de 550 à 900 mm avec un écart type de 95 mm. La végétation est caractéristique de la savane arborée avec une strate haute et clairsemée.

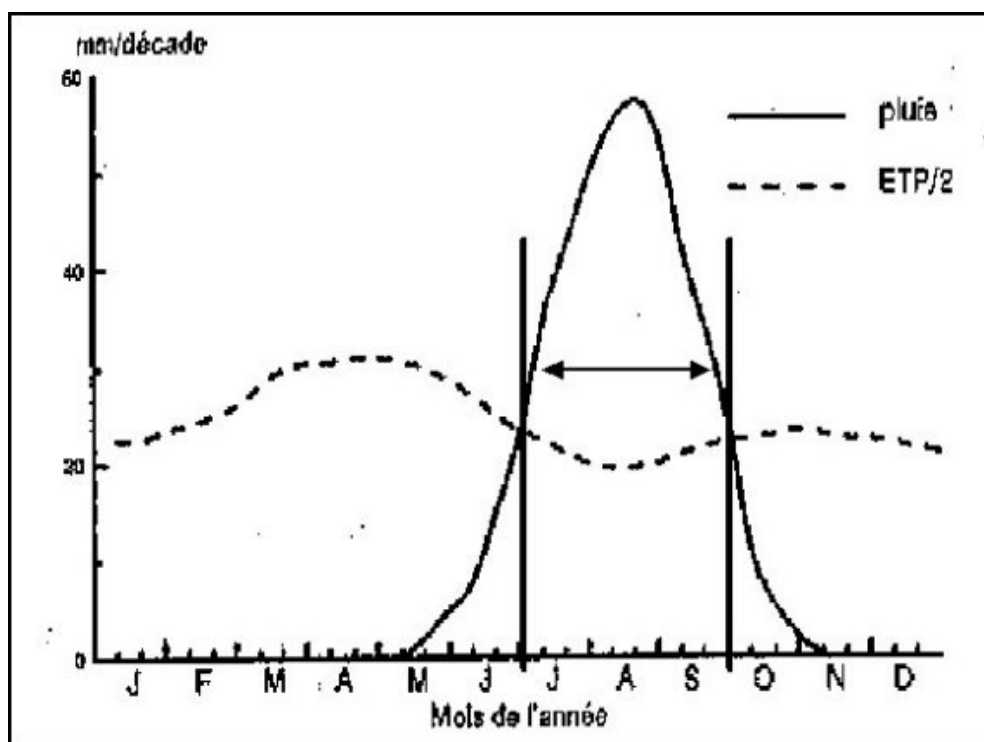


Figure 8 : Durée de la saison de végétation utile dans la zone de Cinzana en fonction de la Pluviosité et de l'ETP

Les sols, de type ferrugineux tropicaux ont une texture variant de sableuse, à sablo-limoneuse, argileuse et hydromorphes en fonction des conditions hydro-pédologiques. Les parcelles expérimentales sont situées sur des sols moyennement lessivés provenant d'anciennes formations colluvio-alluviale limono-sableuses (Keita *et al.*, 1981). Toutefois, dans la zone agricole, ils sont, en raison de la monoculture du mil, épuisés en phosphore. Outre la contrainte de fertilité, la diversité des systèmes de culture pluviaux y est limitée par la présence du risque climatique en particulier hydrique. La culture associée du mil (90 jours) et du niébé (75 à 90 jours) constitue la base de l'activité de recherche avec une diversification possible avec les cultures d'arachide, de sorgho et de fonio. Dans les zones hydromorphes aménagées et dans les jardins de case, on trouve du maïs ainsi que du niébé associé à des plantations fruitières.

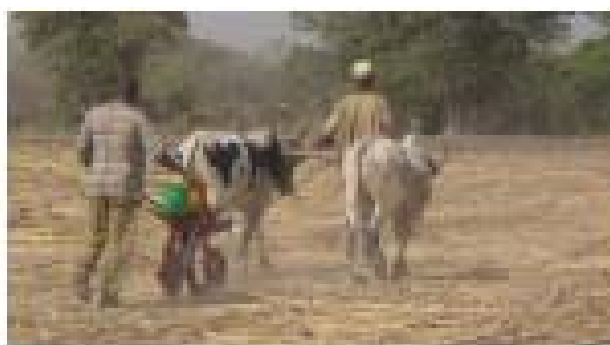
### 3 - Conclusion

D'une manière générale, en Guinée et au Mali, on notera la complémentarité du choix des sites de recherche avec la sélection des villages retenus par ailleurs pour la conduite des enquêtes exploitations (cf WP 5). Les sites identifiés pour la conduite des recherches et pour les enquêtes sont représentatifs des milieux dédiés à ce jour, à la culture du fonio. Ils ont par ailleurs l'avantage de mobiliser les expériences acquises vis à vis de la culture de cette plante permettant de combiner et de réaliser, en peu de temps, les expérimentations en station et les enquêtes et les opérations de démonstration en milieu paysan. On notera que les innovations attendues porteront non seulement sur la plante de fonio mais également sur des systèmes de culture et de production à la fois plus performants et plus durables. On citera le cas du développement des techniques de semis direct (absence de labour) qui se développent actuellement au Mali et au Burkina Faso et dans lesquelles le fonio du futur devra certainement trouver sa place comme plante de couverture multifonctionnelle. Ce sont ces différents aspects que le projet s'est ainsi engagé à prendre en compte au travers de ses différents workpackages.



© Cirad

Figure 9. Innovation agricole au Mali : Semis direct sur couverture végétale comparé au labour (Projet PASE- Sikasso)



© Cirad

Figure 10. Semis direct du maïs sur couvert végétal de céréale en zone de savane africaine

## 4 - Bibliographie : climat, sol et agriculture régionale

**Angé, A.**, 1999 - L'intensification de l'agriculture Guinéenne par les facteurs de production autres que le travail des ruraux - Contraintes, perspectives et proposition " Doc. IRAG.

**Aubert, G.**, 1965, Classification des sols - Tableau des classes, sous-classes, groupes et sous-groupes des sols utilisés par section de pédologie de l'ORSTOM. Paris - France.

**Aubert, G., Segalen, P.**, 1966, Projet de classification des sols ferrallitiques – Cahiers ORSTOM (pédologie).

**Aubreville, A.**, 1950, Climat et flore soudano-Guinéenne Société d'édition Géogr. Marit et colon, Paris

**Baldé Mamadou Aliou**, 2002 : Etude climatologique de base, Fouta djalon, DNM. In Communication de la Guinée à la convention cadre sur les changements climatiques. Conakry.

**Banque mondiale**, 2003. Rapport sur l'économie et le développement en Afrique de l'Ouest.

**Barryn, Kadiatou**, 2003 .Communication à l'atelier sous régional " système d'information sur les ressources en terre et en eau (SIRTE) pour la sécurité alimentaire " Dakar avril 2003.

**Béavogui, L. et al** , 2000 - Zones agro-écologiques et problématiques agricoles en Basse Guinée.doc.IRag. Conakry.

**Cocheme, J., Franquin, P.**, 1967. A study of the agroclimatology of the semi-arid areas south of the Sahara in West Africa. FAO/UNESCO/WMO Interagency Project on Agroclimatology, FAO. Rome.

**De Foresta, H.**, 1995. Systèmes de culture, adventices envahissantes et fertilité du milieu : le cas du *Chromolaena odorata*. P 236-243. Séminaire « Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides » 13-17 novembre, Montpellier.

**DNS**, 2001 - Atlas de la population de la Guinée - Direction Nationale de la Statistique.

**Dounias, I., Jouve, P.**, 2001. Systèmes de culture à base de couverture végétale et semis direct en zones tropicales. Synthèse bibliographique. 139 Pages + annexes.

**ESPACE**, 1992. Evaluation de la Production Agricole en fonction du Climat et de l'Environnement. Synthèse Aghrymet-Cirad-MAE. Montpellier.

**Forest, F.**, 2001. Rapport de la mission d'appui auprès du CRA de BORDO Perspectives - orientations nouvelles en agroécologie, 49 pages

**IFPRI-ISNAR-CORAF/WECARD**, (International Food Policy Research Institute, International Service for National Agricultural Research, and the West and Central African Council for Agricultural Research and Development). 2002-03. Agricultural Science and Technology Indicators survey for West Africa. Unpublished surveys.

**IRAG**, (Institut de Recherche Agronomique de Guinée). 2003. *L'institut de recherche agronomique de Guinée (IRAG) au service du développement agricole durable de la Guinée.*

Conakry.

**IER**, 2001. Rapport de présentation et bilan des activités. Bamako, Mali ;

**Konomiou, F.**, 2000 - Occupation des sols Guinée Forestière ; Etude de l'impact des réfugiés en Guinée Forestière.

**Kowal, J.M., Kassam, A.H.**, 1978. Agricultural Ecology of Savanna. A Study of West Africa. Clarendon Press. Oxford.

**Mandiana, Siguiri**, 1982, Cellule suivi-évaluation du Projet de Développement Rural de la Haute-Guinée (PDR-HG), Kankan, 21 p.

**Marnotte, P.**, 2001. La gestion de l'enherbement et l'emploi des herbicides dans les systèmes de culture en zone soudano –sahélienne en Afrique de l'Ouest et du Centre. 60 pages.

**Pichot, J.**, 1995. La fertilité des milieux tropicaux humides. P 13-15. Séminaire « Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides » 13-17 novembre, Montpellier.

**Rollin, D.**, 2002. Rapport de mission en Haute Guinée et en Guinée Forestière. Appui aux travaux conduits sur les systèmes avec semis direct et couvert végétal. 30 Pages + annexes.

**Sivakumar, M.V.K.**, 1986. Soil Climatic Zonation for West African Semi-Arid Tropics – Implications for Millet Improvement. Paper presented at the Regional Pearl Millet Workshop, 5 September 1986, at ICRISAT Sahelian Center. Niamey, Niger.

**Stern, R.D., Dennett, M.D., Garbutt, D.J.**, 1981. The start of the rains in West Africa. J.